ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1917.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu le 15 juin 1917, de M. *Helmert*, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des matières minérales sur la germination des pois.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

L'influence des sels métalliques sur la germination étant variable, ainsi que nous le démontrerons plus tard, avec la nature des mélanges dans lesquels ils se trouvent, il importe de déterminer d'abord, ce qui n'a jamais été fait jusqu'à présent, l'action que chacun d'eux exerce lorsqu'il est seul, en dissolution dans l'eau pure. C'est l'examen de cette question que nous allons exposer ici, en nous limitant aux principaux métaux usuels. Les expériences ont été conduites comme nous l'avons dit précédemment (1); elles ont toujours été faites en double, en sorte que les nombres inscrits dans le Tableau suivant représentent les moyennes de vingt mesures. Les poids indiqués font connaître les quantités absolues de matière active, supposée anhydre, qui ont été ajoutées à l'eau mouillant le sable, par conséquent mises à la disposition de 10 graines. L'aluminium a été donné sous forme d'alun de potasse.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 979.

Longueur (en millimètres) des racines, après 24 heures de trempage et 6 jours de germination.

	Poids de la matière active (en mg).						
	0.	0,10	0,25	0,50	1.	2.	5.
$NaCl$	26	26	25	26	26	33	41
KCl	23	23	24	24	23	24	25
Am^2SO^4	26	26	25	26	31	33	36
$CaSO^4$	30	42	58	79	74	75	78
$SrCl^2$	25	31	36	38	35	44	34
$BaCl^2$	26	28	33	31	26	25	19
$MgSO^4$	27	25	27	30	34	35	32
$ZnSO^4$	24	24	24	24	20	19	17
$MnCl^2$	27	30	30	39	39	42	40
$Al^2(SO^4)^3$	26	26	27	34	34	33	24
$PbCl^2$	25	26	26	26	24	17	15
$CuSO^4$	26	26	24	25	17	14	10

Les écarts que l'on constate entre les résultats obtenus avec l'eau seule sont dus aux variations de la température et au plus ou moins grand état de pureté des liquides ou du sable, qu'on ne saurait réaliser toujours avec la même perfection et qui, à ces limites extrêmes, n'est susceptible d'aucun contrôle précis. Dans chaque double série de 14 germoirs à 10 graines chacun on a employé la même eau, un même lot de sable et des graines trempées ensemble dans le même flacon. L'efficacité d'une solution quelconque se mesure alors par la différence entre le nombre correspondant et celui que donne l'eau pure sur la même ligne horizontale.

Si l'on compare les résultats obtenus ainsi avec les différents métaux essayés on voit que, à part le cas exceptionnel du calcium, les différences restent assez faibles jusqu'à la dose de $0^{mg},05$ de sel par graine, ce qui correspond à $\frac{1}{2500}$ de son poids sec; néanmoins le facies général des plantules change sensiblement quand on passe d'une série à l'autre, c'est ce que nous allons essayer de faire voir en donnant sur chacune d'elles quelques indications complémentaires.

Sodium. — Le chlorure de sodium pur reste indifférent jusqu'à la dose de $0^{mg},1$ par graine, puis devient avantageux au-dessus : il se développe alors des radicelles et même des traces de poils, plus abondants avec $0^{mg},5$ qu'avec $0^{mg},2$, mais il n'y a sans doute là qu'une action secondaire, tenant à ce que le chlorure de sodium, faisant double décomposition avec les

matières minérales contenues dans les enveloppes de la graine, met en liberté un peu de chaux. On trouve, en effet, notablement plus de calcium dans l'eau de trempage des pois quand on l'a salée au même titre que dans les germoirs, c'est-à-dire à raison de $0^{g},5$ par litre, que lorsqu'on l'emploie pure.

Potassium. — Le potassium, à l'état de chlorure et dans les mêmes conditions, est sans action jusqu'à la dose de $0^{mg},5$ par graine; on pouvait s'y attendre, puisque le potassium est le plus abondant des métaux contenus dans la graine, celui qu'elle abandonne avec le plus de facilité et, comme nous l'avons fait voir antérieurement, le plus mobile de tous ceux qui existent normalement dans les tissus végétaux (1).

Les travaux de MM. Schlœsing fils (2) et Coupin (3) nous ont appris qu'il peut agir sur les plantes, même en très faibles proportions, quand elles ont déjà acquis un certain degré de développement et en conséquence épuisé leurs réserves naturelles; les résultats précédents montrent de plus que sa présence est inutile tant que cette réserve est suffisamment abondante.

Ammonium. — Le sulfate d'ammoniaque agit exactement de la même manière que le chlorure de sodium et probablement pour la même raison, en déplaçant un peu de chaux qui alors, se diffusant dans le liquide, exerce son action sur les racines comme si elle était seule. M. Devaux a observé des déplacements de ce genre (4).

Calcium. — L'influence tout à fait prépondérante de ce métal justifie de la façon la plus complète, en l'étendant jusqu'à des limites absolument imprévues, l'importance que tous les physiologistes s'accordent à lui attribuer, depuis Böhm jusqu'à Mlle Robert. A la dose de $0^{mg},01$ par graine de sulfate ou de chlorure, ce qui correspond à $0^{mg},003$ de métal, environ $\frac{1}{10000}$ du poids de la semence sèche, il augmente la longueur des racines de près de moitié et commence à y faire apparaître des poils. La racine s'allonge davantage, en même temps que les radicelles et les poils deviennent plus abondants, quand la dose de calcium augmente, jusqu'à un maximum qui n'est pas compris dans le Tableau précédent, car la croissance est loin d'être terminée après 6 jours quand le liquide renferme plus de $0^{mg},5$ de sulfate de chaux par soucoupe. Le chiffre de 79^{mm} indiqué pour cette dose

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1400.
(2) *Ibid.*, t. 130, 1900, p. 422.
(3) *Ibid.*, t. 132, 1901, p. 1582.
(4) *Ibid.*, t. 162, 1916, p. 561.

ne représente donc que le maximum d'élongation possible pendant ce temps dans les conditions les plus favorables.

Les résultats sont du même ordre quand on élève des graines semblables en tubes de quartz. Dans 50^{cm^3} d'une solution renfermant $0^{mg},1$ de sulfate de calcium par litre, c'est-à-dire, par rapport au métal, à la dilution de 3 cent-millionièmes, on observe déjà une formation de radicelles des plus caractéristiques : c'est le début de l'action. Avec une dose double la racine principale s'allonge et enfin, avec de plus fortes concentrations, on voit apparaître des poils, toujours absents dans l'eau pure et les liqueurs très étendues.

L'intensité de cet effet ne le cède en rien, au point de vue quantitatif, à celle qu'on reconnaît aux métaux les plus actifs, et il est bon de remarquer que, si faibles qu'elles soient, ces quantités ne représentent certainement pas la limite de l'influence du calcium. On ne saurait affirmer, en effet, que les milieux de culture dont on se sert ne renferment pas déjà, au moment de leur emploi et à la suite des manipulations dont ils sont l'objet, une fraction des quelques millièmes de milligramme de calcium qui suffisent à les rendre actifs.

Dans une Communication récente, M. Coupin [1] a signalé ce fait curieux que les sels de calcium, employés en excès, entravent la formation des poils sur les racines de *Lepidium sativum*. Si l'on rapproche cette observation de celles que nous venons de faire sur les pois, on est conduit à penser que la production des poils radicaux est, de la part du calcium, un témoignage d'action favorisante, par conséquent de dose appropriée aux besoins de la végétation, et l'arrêt de leur développement, *a fortiori* leur absence, une preuve d'intoxication par pléthore.

Tous ces faits montrent que la matière végétale possède une affinité puissante pour la chaux; on peut s'en assurer autrement, en examinant, par exemple, le liquide qu'on obtient en laissant macérer des pois dans une solution étendue de gypse; après 24 heures on n'y trouve plus que des traces de calcium, à côté de proportions notables de potassium, de magnésium, d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

Cette absorption est en rapport direct avec la pauvreté excessive de la graine et surtout de ses cotylédons en chaux. Si, en effet, on analyse séparément la graine décortiquée et ses enveloppes, en se bornant aux bases alcalino-terreuses qui s'y trouvent, on arrive aux résultats suivants :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 641.

	Proportion pour 100 de graines.	Cendres totales pour 100.	Chaux pour 100 de cendres.	Chaux pour 100 d'organes.	Magnésie pour 100 de cendres.	Magnésie pour 100 d'organes.	Poids absolus par graine. Organes.	Poids absolus par graine. Chaux.	Poids absolus par graine. Magnésie.
							mg	mg	mg
Téguments....	11,52	2,80	19,90	0,56	13,92	0,39	14,58	0,081	0,057
Cotylédons....	88,48	2,95	1,51	0,04	7,82	0,23	112,00	0,050	0,259
Graine entière.	»	2,93	3,53	0,14	8,49	0,25	126,58	0,131	0,316

Un grain de pois ne renfermant donc que $0^{mg},05$ de chaux, soit $0^{mg},036$ de calcium métallique dans ses réserves utilisables, il n'y a pas lieu de s'étonner outre mesure qu'une addition de $0^{mg},003$ du même corps, fraction importante, près d'un dixième de cette quantité, produise un effet utile; cela prouve simplement que la graine ne renferme pas à l'état naturel une proportion de chaux assez forte pour subvenir à ses besoins.

Le calcium est donc l'un des facteurs indispensables aux premiers débuts de la vie végétale et l'on conçoit sans peine que les plus faibles apports de ce métal par l'eau, le verre, les téguments, beaucoup plus riches en chaux que les cotylédons, les poussières ou toute autre cause imprévue, puissent jeter une profonde perturbation dans les résultats d'expériences où l'on ne s'est pas prémuni contre eux.

Il convient en outre de remarquer que, si elle est générale, cette sensibilité extrême des plantes à la chaux constitue une difficulté des plus sérieuses pour l'étude des cultures qui, comme celle des Mucédinées, exigent l'emploi de liqueurs nutritives complexes, impossibles à décalcifier d'une façon absolue. Si l'on observe de plus que ces liqueurs ont été jusqu'à présent préparées avec de l'eau distillée dans le verre, que souvent on les a stérilisées dans le verre, que la recherche de traces de calcium, enfin, est difficile à côté d'un excès de magnésium, toujours présent dans de pareils mélanges, on devra reconnaître que, pour être probants, tous les travaux relatifs à l'influence de ce métal sur les champignons inférieurs sont à reprendre avec des méthodes plus parfaites.

Strontium. — Le strontium est, après le calcium, mais bien loin derrière lui et très près du manganèse, le plus efficace des métaux essayés. Comme le calcium il détermine une production abondante de poils radicaux et n'est que peu toxique : observations conformes à ce qu'on savait déjà du remplacement possible du calcium par le strontium chez les êtres vivants, ainsi qu'aux résultats obtenus autrefois par M. Coupin [1].

Baryum. — Beaucoup moins actif que les précédents, le baryum se montre

(1) *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 791, et t. 132, 1901, p. 645.

toxique dès la dose de $0^{mg},1$ de chlorure par graine. Les radicelles sont plus nombreuses que dans l'eau pure, mais il n'y a plus de poils et les racines noircissent à l'extrémité avec les fortes doses de 2^{mg} et 5^{mg} par soucoupe.

Magnésium. — Le magnésium n'est guère plus efficace que le baryum; il est seulement moins toxique et ne forme pas davantage de poils.

Zinc. — Inactif jusqu'à la dose de $0^{mg},05$ par graine, toxique au-dessus. Les racines restent glabres, les radicelles sont rares et la racine principale brunit à l'extrémité avec les fortes doses, comme dans le cas du baryum.

Manganèse. — Agit à peu près comme le strontium; sa toxicité paraît être du même ordre, par conséquent assez faible, mais il ne donne que des traces de poils.

Aluminium. — Son action est peu favorable, analogue à celle du magnésium, mais plus toxique. Les racines restent rabougries, les radicelles et les poils sont rares.

Plomb. — D'abord indifférent, le chlorure de plomb devient fortement toxique à partir de $0^{mg},1$ par graine. Les racines, tronquées avec les fortes doses, portent quelques radicelles, de plus en plus nombreuses à mesure que la quantité de plomb augmente, et des traces de poils.

Cuivre. — Le cuivre, quoique réputé comme le plus toxique des métaux vulgaires, n'exerce qu'une action douteuse jusqu'à la dose de $0^{mg},05$ par graine [1], au-dessus de laquelle il devient foncièrement nuisible. L'arrêt du développement de la racine principale est alors compensé par une production abondante de radicelles aux points qui ne touchent pas au sable contaminé. La pointe de la racine devient noir bleuâtre avec les doses élevées, mais l'empoisonnement reste local.

Dans ces conditions, c'est-à-dire avec un contact imparfait entre le substratum et les organes naissants, ce qui réduit la surface d'absorption de la matière active à son minimum, l'effet du cuivre est donc moins énergique, en sens inverse, bien entendu, que celui du calcium; nous reviendrons sur ce point intéressant. Remarquons à ce propos que les graines employées ici ne contenaient naturellement que 3^{mg} à 4^{mg} de cuivre au kilogramme, soit à peu près $0^{mg},0005$ par graine, alors qu'on en a signalé dans la même espèce jusqu'à 30 fois plus (Wehmer, *Die Pflanzenstoffe*).

---

[1] Dans certaines de nos expériences le sulfate de cuivre s'est montré déjà nuisible à cette dose, mais jamais à celles de $0^{mg},01$ et $0^{mg},02$; en tubes il est plus actif, comme le sulfate de calcium, mais toujours moins que celui-ci.

De toutes ces observations nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le calcium paraît être le seul corps qui, en l'absence de tout autre, soit capable d'assurer la germination normale des pois, à son début.

2° L'action de ce métal se fait sentir à des doses extraordinairement faibles, inférieures à celles où la plupart des toxiques commencent à produire un effet.

3° Au-dessous de leur dose toxique et dans les conditions de nos expériences, les métaux nocifs ne favorisent pas la croissance des racines.

4° Après le calcium, à la dose de $0^{mm},05$ par graine, pour laquelle les toxiques employés n'agissent pas encore, viennent se ranger le strontium, le manganèse, l'aluminium, le baryum et le magnésium, beaucoup moins favorables, puis les métaux alcalins, le zinc, le plomb et le cuivre, qui semblent n'avoir aucun effet immédiat.

Dans ce travail nous n'avons examiné que l'évolution des racines, premier stade de la germination; celle des tiges fera l'objet de recherches ultérieures.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le signe de la chaleur spécifique de la vapeur saturée, au voisinage de l'état critique.* Note [1] de M. **E. Ariès.**

Le résultat essentiel de la théorie exposée dans notre dernière Communication (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 986) a été d'établir que la chaleur spécifique d'un fluide, liquide ou vapeur, est positive aux très basses températures, et tend à s'annuler pour $T = 0$. Pour développer les conséquences de cette théorie à des températures plus élevées, nous avons été amené à admettre, d'ailleurs avec quelque réserve, que la chaleur spécifique d'une vapeur saturée était positive au voisinage de l'état critique. Nous avons donné les raisons, basées sur l'expérience, qui nous inclinaient à faire cette hypothèse : mais ce n'est qu'une hypothèse, comme nous avons eu le soin de le dire; sa vraisemblance peut être discutée, elle a même été contestée par certains savants.

Presque en même temps (1890-1892), E. Mathias, P. Duhem et M. C. Raveau pensaient pouvoir établir que la chaleur spécifique d'une vapeur

---

(1) Séance du 2 juillet 1917.

saturée devenait infinie et négative au point critique [1]. Pour les justes raisons données par M. Raveau lui-même, nous nous reporterons seulement à son Mémoire, qui se distingue par la précision et la rigueur des raisonnements. Il y est bien démontré que cette chaleur spécifique tend vers l'infini négatif à mesure que la vapeur s'approche de l'état critique, mais c'est avec le concours d'une nouvelle hypothèse, à savoir que le coefficient angulaire $\frac{\partial P}{\partial T}$ de la courbe de tension de vapeur, rapportée à l'axe des températures T et à l'axe des tensions P, conserve une valeur finie différente de zéro, même à la température critique. Cette hypothèse très naturelle, et qui s'imposerait même s'il s'agissait d'un point quelconque de la courbe, devient hasardée quand il s'agit d'un point si singulier que son point d'arrêt, qui est le point critique. Au voisinage de l'état critique, bien des coefficients, en usage dans la Physique, tendent très rapidement vers une limite nulle ou infinie, et ce n'est pas quand on se propose de démontrer que précisément l'un de ces coefficients devient infini, qu'il pourrait être loisible d'admettre, *a priori*, qu'un autre de ces coefficients ne peut s'annuler.

Cette nouvelle hypothèse ne simplifie pas, d'ailleurs, la recherche de la vérité. On sait, en effet, toutes les difficultés que présentent les observations au voisinage immédiat de l'état critique, où les variations les plus inattendues et les plus rapides se produisent dans certains phénomènes. Le coefficient $\frac{\partial P}{\partial T}$ peut lui-même tendre vers une valeur limite, zéro par exemple, sans laisser à l'opérateur aucun moyen pratique de la mesurer.

La question de savoir si la chaleur spécifique de la vapeur saturée est positive ou négative au voisinage de l'état critique ne peut être tranchée, croyons-nous, avec les seules ressources de la théorie, et nécessite l'intervention de l'expérience. La première de ces hypothèses n'est contredite, à notre connaissance, que par les déterminations de Mathias sur un seul corps, l'acide sulfureux. Ces déterminations ne nous paraissent pas très concluantes. Elles dérivent, d'une façon fort détournée, d'expériences qui

---

(1) E. Mathias, *Séances de la Société française de Physique*, 1890, p. 122; *Journal de Physique*, 1890, p. 449; *Comptes rendus*, t. **119**, 1894, p. 404 et 849; *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. **10**, M. 1896. — P. Duhem, *Travaux et Mémoires des Facultés de Lille*, 1891; *Mécanique chimique*, t. **2**, 1892, p. 208 à 230. — C. Raveau, *Journal de Physique*, 1892, p. 461; *Séances de la Société française de Physique*, avril-novembre 1892, p. 260 et 266.

ont été conduites, sans doute, avec toute l'habileté désirable, mais qui sont très délicates, comme toutes celles concernant l'état critique. Si, de plus, l'opérateur doit faire l'application des mesures prises à des formules compliquées, avec intégrations et différentiations de fonctions empiriques comprenant la chaleur de vaporisation, la tension de vapeur saturée, la densité du liquide et de la vapeur saturée, pour arriver à établir péniblement une nouvelle formule empirique dont la dérivée donnera la chaleur spécifique de la vapeur expérimentée, il faut bien reconnaître que toutes ces mesures, tous ces calculs ne peuvent inspirer une bien grande confiance dans les résultats finalement obtenus.

Il semble que la question controversée peut être attaquée par l'expérience d'une façon plus directe et plus simple. Il ne s'agit, en somme, que de préciser le sens d'un phénomène sans avoir, d'ailleurs, à opérer au voisinage immédiat de l'état critique. Car si la chaleur spécifique de la vapeur saturée est infinie négativement au point critique, elle reste sur une certaine étendue de la courbe de saturation finie négativement avant d'arriver à s'annuler à une certaine température d'inversion T_0, qui doit être notablement inférieure à la température critique.

Il suffirait donc de prendre une vapeur saturée, d'acide carbonique par exemple, à une température T', franchement inférieure à la température critique, mais encore notablement supérieure à la température présumée T_0 d'inversion, et de soumettre cette vapeur, ne comportant qu'une trace du liquide qui l'a produite, à une détente brusque et prolongée.

Si la chaleur spécifique du corps est négative, cette opération sensiblement adiabatique aura pour premier effet une condensation de vapeur qui, après avoir atteint un maximum, finira par disparaître complètement à une température T'' inférieure à T_0, pour ne plus laisser que de la vapeur sèche.

Si, au contraire, cette chaleur spécifique est positive, l'unique effet de cette détente adiabatique sera de faire disparaître très rapidement les traces du liquide et de surchauffer la vapeur sans qu'il ait été possible d'observer aucun commencement de condensation.

Le résultat de l'opération sera donc bien différent suivant que la capacité calorifique, à l'état initial de la vapeur, sera négative ou positive. On pourrait même, par un procédé d'approximations successives, déterminer dans une certaine mesure la température d'inversion T_0, si elle existe, car elle est toujours comprise entre les températures T' et T'', qui sont accessibles à l'observation, et qu'on peut rapprocher graduellement.

Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de nos connaissances, la question à élucider reste en suspens. Mais quelle que soit la solution que viennent lui donner des expériences instituées sur les bases que nous venons d'indiquer ou suivant toute autre méthode, cette solution ne pourra porter aucune atteinte à la rigueur de la théorie exposée soit dans notre précédente Communication, soit dans le Mémoire de M. Raveau, les deux hypothèses envisagées étant également compatibles avec les principes de la Thermodynamique.

Elles indiquent, toutes les deux, l'existence de trois lignes adiabatiques tangentes à la courbe de saturation; mais, suivant le cas, le point de contact de la ligne supérieure se trouve au point critique pour lequel les deux chaleurs spécifiques du fluide se confondent, et il existe deux températures d'inversion (T_1, T_2) : ou bien ce point de contact, correspondant à une température plus basse T_0, descend vers la droite sur la courbe de saturation; il existe alors trois températures d'inversion (T_0, T_1, T_2) et, à la température critique, les deux chaleurs spécifiques du fluide sont bien encore égales, mais infinies et de signes contraires, ce qui résulte immédiatement de ce que, quand le point représentatif de l'état du fluide passe de la gauche à la droite du point critique sur la courbe de saturation, l'entropie continue à croître au lieu de passer par un maximum, comme dans le cas précédent.

RAPPORTS.

Rapport sommaire de la Commission de Balistique,
présenté par M. **P. Appell.**

Le capitaine **Risser** a adressé à l'Académie, le 7 juillet 1917, une *Note relative à la recherche de la variation de la portée résultant de l'effet du vent.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** fait savoir à l'Académie que les pouvoirs de ses Membres qui, au nombre de huit, font partie de la *Commission technique de la Caisse des recherches scienti-*

fiques touchent à leur fin et demande que l'Académie procède d'urgence à une nouvelle élection.

L'élection est fixée à la prochaine séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

Le Tome I du *Cours de Géométrie pure et appliquée de l'École polytechnique*, par Maurice d'Ocagne. (Présenté par M. le général Bourgeois.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes tautochrones.*
Note (1) de M. **A. Thybaut**, présentée par M. P. Appell.

L'objet de cette Communication est la détermination et l'étude de toutes les courbes *planes ou gauches* qui sont tautochrones pour une force centrale proportionnelle à la distance; nous les appellerons plus simplement les *tautochrones*.

Dans un Mémoire classique (*Journal de Liouville*, 1re série, t. 9), Puiseux a traité le cas où les courbes sont situées dans un plan passant par le centre des forces; elles comprennent alors la droite, la spirale logarithmique, une autre spirale particulière, l'hypocycloïde et l'épicycloïde; mais, à notre connaissance, aucune recherche générale des tautochrones gauches n'a été publiée jusqu'à présent.

Voici le résultat auquel on parvient :

Si l'on prend pour origine le centre des forces O, on peut exprimer, *sans aucun signe de quadrature*, les coordonnées d'un point quelconque d'une tautochrone en fonction d'un paramètre; elles dépendent d'une fonction arbitraire de ce paramètre.

Les tautochrones possèdent quelques propriétés *caractéristiques* qui généralisent certaines propriétés bien connues des tautochrones planes et, en particulier, des épicycloïdes :

1° *Les tautochrones sont les courbes telles que chacun de leurs points et le point correspondant de l'une de leurs développantes soient conjugués par rapport à une sphère fixe* S, *réelle*, *de centre* O. Cette sphère passe par le

---

(1) Séance du 2 juillet 1917.

le point de tautochronisme; lorsqu'elle a un rayon nul, les tautochrones sont *les courbes qui coupent sous un angle constant les génératrices des cônes de sommet* O.

2° *La sphère* S *intercepte sur chaque tangente à une tautochrone, à partir du point de contact* M, *deux segments* MP, MQ *dont le rapport* λ *est constant.* Ce rapport est un nombre réel, fini, différent de o et de -1, ou bien un nombre imaginaire de module 1. Les tautochrones correspondant à l'hypothèse $\lambda = 1$ sont *les géodésiques des cônes de sommet* O.

3° Considérons, en chaque point M d'une tautochrone, le plan tangent qui passe par O et la normale en M située dans ce plan. Il existe une sphère S′ de centre O, qui intercepte sur chacune de ces normales deux segments MP′, MQ′ dont le rapport est constant et égal à $-\lambda$. Lorsque λ a la valeur 1, le rayon de la sphère S′ est infini; la réciproque est alors en défaut.

En particulier, si λ est réel, la sphère S′ est réelle; le point M est situé sur deux sphères réelles dont les rayons sont constants et qui sont tangentes aux sphères fixes S et S′, l'une aux points P et P′, l'autre aux points Q et Q′. Les deux sphères variables occupent donc la position des deux cercles variables qui interviennent dans la double génération des épicycloïdes.

4° *Les plans osculateurs à une tautochrone gauche déterminent sur la sphère* S *un faisceau de circonférences; sur les deux courbes sphériques qui constituent l'enveloppe de ces circonférences les arcs correspondants sont dans un rapport constant et égal à* λ. La droite qui joint les points correspondants des deux courbes sphériques est tangente à la tautochrone.

Parmi les tautochrones, on trouve une infinité de courbes planes; elles sont situées dans chacun des plans qui coupent la sphère S ou qui lui sont tangents.

Il y a aussi une infinité d'hélices; elles sont tracées sur des quadriques de révolution circonscrites à la sphère S le long d'un parallèle réel; l'hélice circulaire en fait partie.

Nous réservons pour un Mémoire détaillé les développements et les généralisations.

MÉCANIQUE. — *Tous les systèmes de ponts suspendus hyperstatiques connus sont les dérivés des ponts suspendus isostatiques et ces derniers ne sont que les cas particuliers d'un seul et unique système qui les comprend tous.* Note [1] de M. G. **Leinekugel le Cocq**, transmise par M. L. Lecornu.

Dans une Communication précédente [2], on a montré que tous les systèmes de ponts suspendus rigides et isostatiques connus constituaient une famille bien définie, et qu'ils étaient tous des cas particuliers d'un ensemble formé de deux solides indéformables à trois articulations dont une commune.

Depuis cette Communication, on a imaginé un nouveau dispositif d'exécution du système le plus général de pont suspendu rigide, à arcs doubles, isostatiques et continus qui rentre naturellement dans la même famille [3].

Il suit de là que l'unique théorie générale, de deux solides indéformables à trois articulations dont une commune, détermine comme cas singuliers les formules définissant les efforts développés dans les fermes de suspension de tous les ponts suspendus isostatiques.

Comme on le montrera plus loin, tous les systèmes de ponts suspendus hyperstatiques ne sont que des dérivés des systèmes isostatiques; il s'ensuit que la même théorie générale donnera les formules applicables aux systèmes hyperstatiques en faisant entrer dans les équations de stabilité les conditions spéciales de non-isostaticité de chaque système dérivé.

En conséquence, ces conditions spéciales font disparaître certaines équations d'équilibre, et par suite exigent qu'on ait recours à d'autres équations complémentaires dérivant, non de la statique pure, mais de la résistance des matériaux.

En résumé, cet exposé met complètement en évidence par une déduction irréfutable la loi générale qui régit et lie les deux familles existantes des ponts suspendus isostatiques et hyperstatiques.

On montre ainsi que tout système hyperstatique est, comme on l'a toujours reconnu pratiquement, hétérogène, peu perfectible puisque, en

---

(1) Séance du 25 juin 1917.

(2) *Comptes rendus* du 3 janvier 1911.

(3) Voir la description de ce nouveau système de pont suspendu rigide dans le numéro du *Génie civil* du 6 janvier 1917.

Mécanique, les systèmes vraiment parfaits et économiques sont ceux qui sont statiquement définis ([1]).



Tous les ponts suspendus hyperstatiques se réduisent aux trois systèmes suivants :

Le premier correspond à une suspension composée de câbles paraboliques avec ou sans poutres de rigidité;

Le deuxième correspond à une suspension formée de câbles obliques ou rayonnants;

Le troisième, le plus fréquemment adopté, est une combinaison des deux

---

([1]) Ceci explique pourquoi le système du pont suspendu du commandant Gisclard à ferme triangulée, d'invention assez récente, a été adopté à l'instigation de notre collaboration en 1915 dans la zone des armées, pour remplacer les ponts détruits, alors que les systèmes hyperstatiques très anciens n'ont jamais été adoptés pour les armées en campagne possédant un matériel lourd.

premiers. Il est doublement hyperstatique, il se compose de câbles paraboliques pour la partie centrale et de câbles obliques.

Dans le cas où la partie centrale est de faible portée, on y dispose une travée métallique droite ou courbe et l'on supprime les câbles paraboliques. Ce troisième système est, en un mot, le pont cantilever renversé.

Les deux seuls systèmes hyperstatiques distincts sont dérivés : le premier du système isostatique rigide le plus général, à arcs doubles, continus, dans lequel les quatre nappes de câbles épousent par ferme la même courbe parabolique; quant au second il dérive du système isostatique à ferme triangulée, dans lequel on supprime les câbles de la membrure inférieure pour les remplacer par les poutres longitudinales du tablier.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres de haute fréquence.* Note de M. **Manne Siegbahn**, présentée par M. Villard.

Dans une Note récente [1] MM. R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier ont publié, au sujet de la série L des spectres de haute fréquence, des résultats semblant indiquer que certains travaux parus dans le *Philosophical Magazine* et le *Physical Review* ont échappé aux auteurs précédents.

Au sujet des mesures relatives aux spectres du tungstène, de l'iridium, du platine et de l'or, nous croyons devoir faire les remarques suivantes :

1° Ces spectres ont été étudiés en détail par M. E. Friman et nous-même [2].

2° Dans notre Mémoire se trouvent indiquées toutes les lignes mesurées par MM. R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier, ainsi que plusieurs autres.

3° Le classement des diverses séries ne nous paraît pas correct et les conclusions des auteurs, relativement aux intensités, ne seraient par suite pas valables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de la trempe des aciers au carbone.* Note [3] de M. **P. Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans le but d'étudier le mécanisme des transformations qui s'effectuent au cours de la trempe des aciers au carbone, je me suis proposé de créer un

---

(1) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 987-990.
(2) *Philosophical Magazine*, juillet 1916.
(3) Séance du 25 juin 1917.

dispositif d'analyse thermique, applicable lorsque la température varie avec une vitesse de l'ordre de plusieurs centaines de degrés par seconde.

La méthode expérimentale repose sur l'observation suivante : la vitesse de refroidissement spontané, dans une atmosphère inerte, d'un fil d'acier, préalablement porté au rouge par un courant électrique, varie entre de larges limites avec la nature du gaz. Le refroidissement dans l'*hydrogène* provoque en général une *trempe;* dans l'*azote*, on a le plus souvent un *recuit*. Par mélange des deux gaz, on obtient toute la gamme des conditions intermédiaires.

L'inscription photographique de la courbe de dilatation thermique, pendant le refroidissement, révèle les transformations du métal avec une sensibilité très élevée et quasi indépendante de la vitesse. Cette vitesse s'inscrit elle-même par une interruption périodique du faisceau lumineux.

L'appareil employé utilise le principe du dilatomètre différentiel enregistreur décrit dans une précédente Note. Par un mécanisme identique, il trace une courbe dont l'ordonnée mesure la différence des dilatations du fil étudié et d'un fil étalon en *baros* maintenu à la même température; cette température s'inscrit par la dilatation de l'étalon qui parcourt l'axe des abscisses. Les deux fils, d'un diamètre de $0^{mm},23$, tendus verticalement à faible distance dans une enveloppe étanche, sont placés en dérivation dans un circuit dont le courant peut varier par degrés insensibles. On règle l'intensité dans chaque fil jusqu'à obtenir l'égalité de leurs températures, estimée par la comparaison de leurs éclats à travers une glace monochromatique rouge : $630^{\mu\mu}$. (Les fils sont préalablement noircis.)

L'acier à l'état γ et le baros ont des capacités calorifiques très voisines : aussi l'égalité initiale de température des fils est-elle approximativement conservée pendant le refroidissement, *jusqu'au début du phénomène de transformation*. Les erreurs qui subsistent dans l'indication de ce point sont, en tous cas, d'un ordre très inférieur aux déplacements qui résultent des traitements différents. Le fil d'acier est prolongé de part et d'autre par deux attaches en baros (très faible conductibilité thermique). Le rôle de ces fils de garde est d'obtenir une température uniforme suivant la longueur de l'échantillon.

Pour caractériser l'état d'un fil après un traitement donné, on recourt à l'examen microscopique et à des essais mécaniques appropriés : mesure de l'angle de pliage avant rupture, du fil encastré à un bout; mesure de la largeur de l'empreinte produite sur le fil par un couteau pressé transversalement par une force de 2^{kg}.

Pour un acier et des conditions de refroidissement donnés, l'aspect de

la transformation au refroidissement dépend de la température atteinte à la chauffe. Quand on élève graduellement cette température initiale, la transformation Ar, d'abord *unique* à haute température (600° à 650°), s'abaisse progressivement; à partir d'une certaine température θ_0, la transformation se *dédouble*, une partie étant rejetée aux basses températures (200° à 300°); puis la partie rejetée s'accroît au détriment de la partie qui subsiste à haute température, et au delà d'une température θ_1, le *rejet* est *complet*.

Lorsqu'on fait croître la vitesse, les températures θ_0 et θ_1 s'abaissent très rapidement et se rapprochent l'une de l'autre; aux très grandes vitesses, θ_1 se confond avec la fin de Ac :

Acier eutectoïde (C : 0,86; Si : 0,08; Mn : 0,15 pour 100).

Mode de refroidissement.	Vitesse à 750° (degrés p. sec.).	θ_0.	θ_1.
Azote	450°	940°-950°	990°-1000°
$\frac{1}{3}$ Az + $\frac{2}{3}$ H	700	765-770	785- 790
Hydrogène	1200	»	fin de Ac

La transformation *unique* à haute température correspond à l'état *recuit :* perlite, dureté minima.

Le *rejet* aux basses températures donne l'état *trempé :* martensite, dureté maxima. La terminaison de la courbe à température ordinaire, en pleine période de transformation, indique nettement un phénomène inachevé; d'ailleurs, le fil s'allonge quelque temps encore après son retour à la température ambiante, ce qui traduit une continuation de la transformation.

Dans le cas du dédoublement, les phénomènes sont plus compliqués. Il semble impossible, surtout aux vitesses élevées, d'obtenir une demi-trempe absolument uniforme suivant la longueur de l'échantillon : les moindres écarts de la température initiale de chaque portion du fil, par rapport à la température moyenne ont, en effet, un retentissement important sur le mécanisme de la transformation. Toutefois, en prenant des précautions spéciales (fil court, refroidissement dans l'azote), on a obtenu des échantillons ayant présenté le phénomène du dédoublement, dont les propriétés, sans être parfaitement uniformes, étaient, en *tous les points*, *intermédiaires* entre celles des états recuit et trempé. L'examen microscopique accuse la présence simultanée de troostite et martensite.

En résumé les résultats obtenus confirment complètement les conclusions, récemment exposées par MM. Portevin et Garvin [1] :

1° La *trempe* résulte d'une transformation *rejetée* aux basses températures; cette transformation est incomplète, et la martensite renferme une certaine proportion de métal à l'état stable à chaud. On peut supposer que cette portion renferme tout le carbone à l'état de solution; cette hypothèse expliquerait la disparition par la trempe de « l'anomalie de la cémentite ».

2° Pour un mode de refroidissement donné, la température maxima de recuit θ_0 et la température minima de trempe θ_1, sont d'autant plus *élevées* et *écartées* l'une de l'autre, que la vitesse est plus *faible*.

3° Le *rejet* de la transformation aux basses températures s'effectue, non d'une manière continue, mais par le mécanisme du *dédoublement*. Aux points ou il y a eu dédoublement, on observe un mélange de troostite et de martensite : la troostite qui correspond à la partie transformée à haute température a donc la constitution de la perlite.

Les vitesses de trempe obtenues sur des fils très fins sont probablement plus grandes, toutes choses égales d'ailleurs, que celles qu'on peut déduire d'essais effectués sur des échantillons volumineux trempés par immersion; dans ce dernier cas, en effet, la pression créée au cœur par la contraction des couches périphériques tend à s'opposer au passage de l'état γ à l'état α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les aciers au manganèse.* Note [2] de M. A. **Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré [3] qu'on pouvait faire apparaître, par un refroidissement suffisamment lent, le constituant perlitique dans des aciers au chrome qui jusqu'alors n'avaient été observés qu'à l'état martensitique, en d'autres termes à amener à l'état doux stable à froid des aciers considérés comme n'existant qu'à l'état dur hors d'équilibre. Ces deux états s'obtenant après des refroidissements dont la durée totale était de l'ordre de 75 heures dans le premier cas et de 4 heures dans le deuxième.

A la même époque nous avons soumis à des traitements analogues des

---

(1) *Influence de la vitesse de refroidissement sur la température de transformation et la structure des aciers au carbone* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 885).

(2) Séance du 2 juillet 1917.

(3) Portevin, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 64.

aciers au nickel, au manganèse [1] et au tungstène ; les résultats micrographiques concernant les aciers au nickel et au tungstène, qui avaient été soumis à MM. Le Chatelier et Osmond, présentent d'assez grandes difficultés d'interprétation et semblent conduire à la conception de nouveaux constituants. Par contre, ceux relatifs aux aciers au manganèse s'expliquent plus facilement, surtout si l'on tient compte des conclusions auxquelles nous a conduit l'étude de la trempe des aciers au carbone faite avec M. Garvin [2].

Dans des conditions de recuit normales (1000°, durée de refroidissement



Fig. 1. — Gross. : 1000.

de 3 à 5 heures), ces aciers, lorsque les teneurs en manganèse et en carbone sont suffisantes, sont à l'état austénitique [3], doux non magnétique, stable à chaud. Par chauffage vers 550°, M. Le Chatelier [4] avait déjà signalé qu'on pouvait les amener à l'état magnétique par apparition de troostite.

Le même phénomène se produit lorsqu'on ralentit le refroidissement lors du recuit; mais, si l'on opère dans les conditions de nos expériences (température atteinte, 1300°; durée du refroidissement, 75 heures de 1300°

---

(1) Portevin, *Assoc. intern. pour l'essai des matériaux* (*Procès-verbal* de la séance du 25 novembre 1911).

(2) Portevin et Garvin, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 885.

(3) Osmond, *Annales des Mines*, 1900. — Guillet, *Rev. Mét.*, t. 1, 1904, p. 89.

(4) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 272.

à 100°), les modifications sont plus profondes et permettent diverses constatations; certaines nous ont paru intéressantes à signaler, car elles apportent de nouveaux éléments d'information sur l'équilibre du système Fe-C-Mn et sur les constituants troostite et perlite.

1° Par recuit suivi de refroidissement très lent (75 heures) d'aciers contenant 7 pour 100 Mn et de 0,5 à 1 pour 100 C, on peut obtenir de la perlite lamellaire avec la martensite; les amas de perlite présentent des formes arrondies et noduleuses qui sont souvent considérées comme l'apanage exclusif de la troostite en milieu martensitique ou austénitique; on peut alors remarquer que les lamelles de perlite ont une disposition rayonnée ou en éventail (*fig.* 1); il semble donc que la forme extérieure de l'amas soit sous la dépendance du mode de cristallisation de ces éléments.

Par recuit ordinaire ces aciers retournent à l'état austénitique avec variation corrélative des propriétés mécaniques et physiques; en voici un exemple relatif à un acier à 8,6 pour 100 Mn et 0,8 pour 100 C :

	Structure.	Dureté Brinell.	Résistivité (microhms : cm³).
Après refroidissement très lent..	perlite + martensite	435	51,1
Après refroidissement de 5 heures à partir de 1000°...........	austénite pure	217	63,1

Il y a à la fois adoucissement considérable et mise en solution de carbone. Si l'on suit, par la méthode différentielle, l'échauffement de cet acier à l'état dur, on note un point de transformation très net vers 640°.

2° Sur un acier à environ 12 pour 100 Mn et 1 pour 100 C on a pu par refroidissement très lent arriver à obtenir la coexistence de la perlite lamellaire et de l'austénite séparées en général par une bordure mince de troostite (voir *fig.* 2). La perlite très bien caractérisée peut donc s'observer en même temps que l'austénite; ce n'est pas un caractère spécifique absolu de la troostite. La perlite présente parfois des formes arborescentes dans lesquelles la direction des lamelles est en relation avec l'orientation générale des rameaux. Par recuit ordinaire tout redevient austénitique.

3° Enfin on peut trouver naturellement les complexes troostite-perlite-martensite-austénite, la martensite entourant les amas troosto-perlitiques; et alors il a été possible de constater que les directions des aiguilles de martensite se prolongeaient dans l'austénite qui apparaît alors comme clivée dans trois directions; la figure 3, relative à un acier à 0,66 pour 100 C et 9,8 pour 100 Mn refroidi lentement, montre cette genèse de la martensite qui résulte donc bien d'une transformation polymorphique de l'austénite.

En résumé on a réussi à trouver des exemples d'existence de la perlite

lamellaire en même temps que de la martensite ou de l'austénite, les amas de perlite présentant parfois les caractères morphologiques extérieurs habituels de la troostite. Enfin, même en partant d'une haute température (1300°), on peut, en ralentissant suffisamment le refroidissement, arriver à provoquer, dans les aciers au manganèse primitivement austénitiques, partiellement

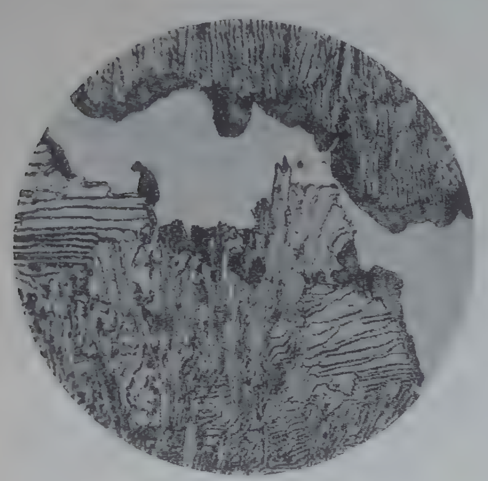


Fig. 2. — Gross. : 200.

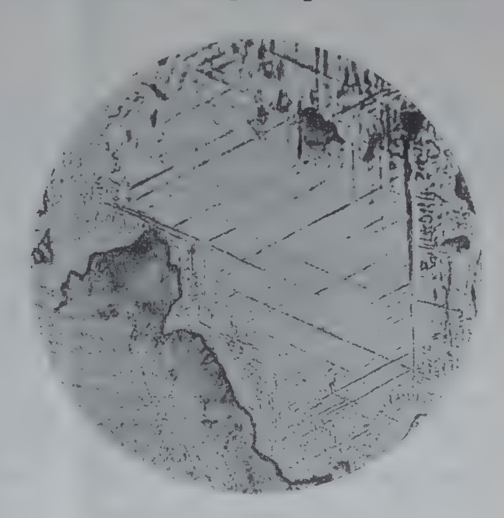


Fig. 3. — Gross. : 550.

la transformation à température élevée (perlite, troostite), le surplus restant non transformé (austénite) ou subissant à basse température la transformation qui amène la naissance de la martensite.

L'étude des aciers spéciaux ainsi préparés a été interrompue en 1914; elle sera continuée ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination des poids moléculaires.* Note de M. Édouard Urbain, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Un mélange de deux liquides non miscibles et volatils tous deux, en présence de leur vapeur, est monovariant

$$\mathfrak{V} = n + 2 - \varphi.$$

Le nombre des constituants est 2, le nombre des phases est 3,

$$\mathfrak{V} = 4 - 3 = 1.$$

T désignant la température d'ébullition du mélange et H la pression,

$$T = f(H).$$

Sous pression constante, la température d'ébullition demeure constante.

p et p_1 désignant les pressions partielles à la température T, on devra avoir

$$H = p + p_1;$$

remarquons que si, par exemple, p est connu on aura

$$p_1 = H - p.$$

Il en résulte que T est certainement inférieure à la température d'ébullition du constituant qui bout le plus bas ; il résulte également de la constance de T que, dans le distillat, les poids des deux liquides doivent demeurer dans un rapport constant.

Ces résultats ont été obtenus en dehors de toute considération théorique par J. Pierre et Ed. Puchot ([1]).

Berthelot fit remarquer que les quantités vaporisées sont entre elles dans le même rapport que les produits des densités de vapeur des deux liquides par leurs tensions actuelles dans les conditions de l'expérience.

Soient d, p, q la densité de vapeur, la tension et le poids de liquide passant à la distillation pour 100g de distillat, et d_1, p_1, q_1 les données correspondantes de l'autre liquide, on a

$$\frac{d \times p}{d_1 \times p_1} = \frac{q}{q_1}.$$

Si d et p sont connus et le rapport $\frac{q}{q_1}$ déterminé par l'analyse, on obtiendra d_1 et par conséquent le poids moléculaire ; on aura, en effet,

$$M = \frac{28,75\, d p q_1}{(H - q) q}.$$

J. Pierre et Ed. Puchot (*loc. cit.*) signalent que, dans certains cas, la somme des forces élastiques déterminées isolément dépasse notablement la pression atmosphérique du moment. C'est sans doute cette observation qui a arrêté toute recherche dans cette voie ; mais on doit remarquer que les systèmes étudiés par ces auteurs, c'est-à-dire eau et alcool amylique, eau et alcool butylique, sont assez mal choisis. En effet, ces alcools sont notablement solubles dans l'eau, et l'eau assez soluble dans ces alcools, et l'on n'a plus affaire aux tensions de vapeur des corps purs, mais seulement à celles de leurs solutions réciproques.

Il existe cependant de nombreux corps de Chimie organique dont la

---

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. 26, 1872, p. 19.

miscibilité avec l'eau est tellement faible qu'on pouvait espérer déterminer leur poids moléculaire par cette méthode.

Les systèmes (eau et tétrachlorure, eau et benzène) sont dans ce cas.

	CCl^4.	C^6H^6.
Hauteur barométrique..........	762mm	762mm
Températ. d'ébullition avec l'eau.	68°	69°,2
Tension H^2O (Regnault)........	214	225
$H - p$........................	548	537
Composition du mélange pour 100	4,4 H^2O	8,7 H^2O
passant à la distillation.........	95,6 CCl^4	91,3 C^6H^6
Poids moléculaire obtenu.......	152,7	79
Théorie......................	154	78

Les hydrocarbures paraissent bien justiciables de cette méthode; c'est ainsi que le tétrahydrure de limonène a donné les résultats suivants :

	$C^{10}H^{20}$.
Hauteur barométrique....................	765mm,5
Température d'ébullition avec l'eau.........	98°
Tension H^2O (Regnault)..................	707
$H - p$.................................	58,5
Composition du mélange pour 100...........	61 H^2O
	39 $C^{10}H^2O$
Poids moléculaire obtenu..................	138,2
Théorie................................	140

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence du genre* Stromatoporella *Nicholson* [1] *dans le Sénonien des environs de Martigues (Bouches-du-Rhône)*. Note de Mlle **Yvonne Dehorne**, présentée par M. Émile Haug.

Le Sénonien marin des bords de l'étang de Berre, entre Martigues et la Mède, comporte, au delà de la zone à *Lima ovata*, de nombreuses alternances de bancs à Rudistes et de calcaires à Foraminifères, à Polypiers et à Nérinées.

Les couches les plus résistantes s'avancent dans les eaux de l'étang en formant de petits promontoires, et c'est à l'extrémité de l'un d'eux que j'ai distingué des colonies massives de Stromatopores, dont les surfaces, irrégulièrement bosselées, présentent de larges et nombreuses astrorhizes. Il n'a pas été possible de les dégager entièrement

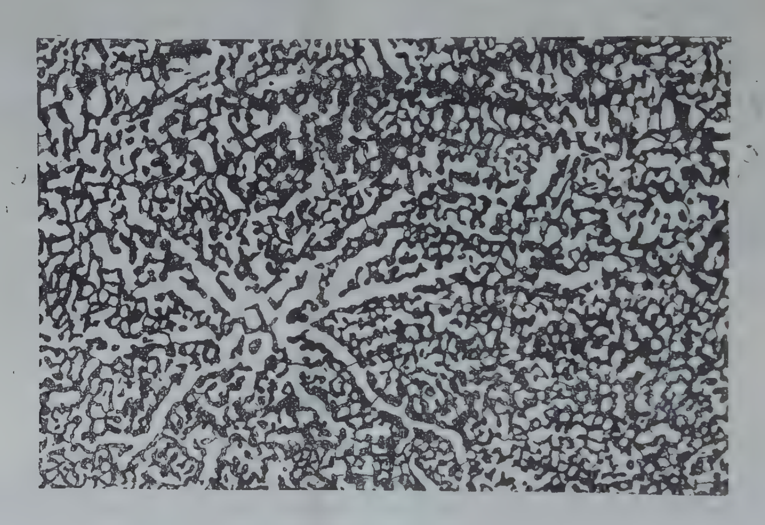
---

[1] H.-A. Nicholson, *A monograph of the british Stromatoporoids* (*Palæontographical Society*, 1886-1892).

parce qu'ils forment, avec les débris d'Hippurites et avec les Polypiers qui les accompagnent, une roche extrêmement compacte.

Les Hippurites sont peu nombreuses et de petite taille, tandis que certains Polypiers que Michelin [1] a figurés dans son *Iconographie* sous les noms de *Chætetes irregularis* Mich., *Ch. flabellum* M. et *Ch. Coquandi* M. (*Reptomulticava* d'Orb.) y prennent un développement considérable. En plusieurs endroits, la roche est couverte de plaques de *Lithothamnium* d'un rouge vineux.

Les Stromatopores et les grands Chætétidés font défaut dans le calcaire marneux sous-jacent, mais on y trouve des Foraminifères en abondance et de petites colonies arborescentes d'un Polypier qui me paraît correspondre à l'*Alveolites Massiliensis* Mich. (*Iconog. Zoophyt.*, pl. 73, fig. 1) et qui figure dans la collection Munier-Chalmas sous les noms de *Polytremactis* et de *Rhodonactis* [2].



Coupe tangentielle, grossie 7 fois.

Je ne puis encore, à l'heure actuelle, préciser l'importance du développement que les Stromatopores ont pu prendre dans la couche où j'ai relevé leur présence. En suivant le sentier qui longe la rive de l'étang et à quelque distance du premier gisement, j'ai trouvé quelques blocs isolés de Stromatopores dont l'un, mesurant $24^{cm} \times 20^{cm} \times 13^{cm}$, représente une colonie à peu près intacte; la surface ne possède pas ces éminences coniques réguliè-

(1) H. Michelin, *Iconographie zoophytologique*, Paris, 1840-1847 (pl. 72, fig. 9; pl. 73, fig. 2 et 3).

(2) Je montrerai dans un prochain travail, accompagné de planches photographiques, combien ces petites colonies dendroïdes sont voisines des grands Chætétidés de la couche supérieure et pour quels motifs il convient de rattacher toutes ces formes aux Bryozoaires.

rement dispersées qui caractérisent certaines espèces paléozoïques des genres *Actinostroma* Nich. et *Stromatopora* Goldf., ainsi que l'espèce cénomanienne *Actinostromaria stellata* Mun.-Chalm.; elle est couverte de grandes astrorhizes aux branches abondamment ramifiées. La portion basale de la colonie semble dépourvue d'épithèque; les couches successives d'accroissement sont légèrement ondulées.

On peut distinguer sans peine à la loupe et même à l'œil nu la structure du squelette : les *laminæ* et les *latilaminæ* assez nettement marquées, les piliers radiaux presque régulièrement parallèles et toujours bien distincts ne permettent pas de rapporter cette forme au genre *Stromatopora* Goldf.

D'autres caractères cependant, observables dans les sections minces et à un faible grossissement, leur sont communs : ce sont la présence de petites cloisons transversales ou *tabulæ*, d'une part dans les tubes zooïdaux et d'autre part dans les branches des astrorhizes (voir la figure).

Cette dernière particularité m'a déjà permis de rapprocher *Stromatopora Choffati* (1) Y. Deh. sp. d'une espèce silurienne *Stromatopora discoidea* Nich. sp. et d'une forme du Jurassique supérieur du Sud-Tunisien, que je décrirai ultérieurement. Mais, tandis que, dans *Str. Choffati*, les tubes zooïdaux ont de nombreux *tabulæ* et que les astrorhizes petites et peu branchues sont irrégulièrement réparties sur la surface de chaque *lamina*, les loges zooïdales de l'espèce sénonienne possèdent, au contraire, peu de *tabulæ* et les nombreuses et larges astrorhizes des *laminæ* successives se superposent les unes au-dessus des autres : il en résulte que les portions centrales des systèmes astrorhizaux forment par leur empilement un tube vertical ou *tube axial*, dans lequel viennent confluer toutes les branches astrorhizales au niveau de chaque lamina (2).

Nicholson a décrit une disposition analogue dans le genre dévonien *Stromatoporella* Nich. (3); voici d'ailleurs les caractères qu'il donne pour justifier la création de ce genre : « Astrorhizes *superposées*, largement développées, pourvues de cloisons internes ou *tabulæ astrorhizales;* tubes zooïdaux irréguliers, souvent limités à un espace interlaminaire et ne *possédant qu'un petit nombre de tabulæ; laminæ* concentriques et piliers radiaux relativement bien développés. »

---

(1) Y. Dehorne, *Note sur un Stromatopore nouveau du Lusitanien de Cezimbra (Portugal)* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 117, *fig.* 1).

(2) Cette superposition des astrorhizes s'observe aussi chez un Stromatopore cénomanien : *Actinostroma stellata* M.-Ch. (voir Haug, *Traité de Géologie*, t. 2, *Pl. CXVII*).

(3) *Loc. cit.*, p. 92-95.

La structure résumée par cette diagnose ne différant pas de celle que j'ai observée chez le Stromatopore sénonien, il me paraît logique de rapporter cette forme nouvelle au genre *Stromatoporella* Nicholson. Les espèces de ce genre, jusqu'à présent décrites, appartiennent à l'époque primaire et aucune d'elles ne présente, avec l'espèce sénonienne que je décris, des caractères parfaitement identifiables; je propose, par conséquent, pour cette dernière le nom de *Stromatoporella Haugi*.

Il est intéressant de rappeler qu'un autre Stromatoporidé que j'ai rapporté au genre *Actinostroma* (1) Nich. a été trouvé par M. le professeur Kilian dans le Sénonien à Hippurites des environs de Martigues, près de la nouvelle gare, et que le genre *Stromatopora* Goldf. lui-même a des représentants (2) jusque dans la période crétacée.

ZOOLOGIE. — *Ponte du Rhynchite coupe-bourgon* (Rhynchites conicus) *et anatomie de sa larve*. Note de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les *Rhynchites conicus* sont de petits Charançons de $3^{mm},5$ environ de longueur, de teinte bleue à reflets verts, avec pattes et rostre noirs. Ils font leur apparition en mai et juin et s'attaquent surtout aux bourgeons et aux jeunes pousses des pommiers, des poiriers, des cerisiers, des pêchers, etc. Ils ont apparu nombreux cette année et ont occasionné de grands ravages dans les jardins de Rennes et des régions avoisinantes.

La femelle du Rhynchite dépose ses œufs sur les bourgeons et courts rameaux des arbres fruitiers, quand ils commencent à développer leurs premières feuilles. Puis, au moyen de ses mandibules, elle forme une, quelquefois deux entailles, presque complètes, à la tige du bourgeon. La section ne présente qu'un étroit lambeau d'écorce incapable de maintenir le tronçon supérieur et de permettre le passage d'un afflux suffisant de sève pour sa nutrition. Aussi, ce bout terminal se dessèche-t-il rapidement et prend peu à peu une teinte noirâtre. Ses feuilles noircissent également, se

(1) Y. Dehorne, *Note sur une espèce nouvelle de Stromatopore du calcaire à Hippurites : Actinostroma Kiliani* (*Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 225).

(2) H. Yabe, *On a mesozoic Stromatopora* (*J. Soc. Tokyo*, vol. 10, 1903). — G. Osimo, *Alcune nuove Stromatopore giuresi e cretacee d. Sardegna e d. Appennino* (*R. Acc. Sc. Torino*, t. 61, 1910). — Y. Dehorne, *loc. cit.*

dessèchent, se recroquevillent et s'enroulent en cône. Parfois, le bourgeon atteint reste suspendu verticalement à l'extrémité du rameau pendant un temps plus ou moins long; mais, généralement, le vent le détache et le fait tomber sur le sol.

L'orifice externe de la galerie, soigneusement obturé, est situé à environ 8^{mm} au-dessus de la section. On le reconnaît au début, quand le bourgeon commence à se dessécher, à la présence d'un petit point noirâtre faisant tache sur la teinte vert foncé du reste de l'écorce.

La femelle, avec son rostre, pratique une petite galerie perpendiculaire à l'axe du bourgeon et y dépose son œuf. Ce dernier occupe la région axiale. Il est sphérique, transparent et de couleur jaune clair.

Dans certains cas, surtout chez le pommier, l'œuf est situé non loin de la section, et la galerie, fusiforme, ovoïde ou cylindrique, est généralement placée au-dessous de l'insertion d'une feuille ou à la naissance d'un bourgeon axillaire, parfois même en regard de ce dernier.

Chez le pêcher, la piqûre du Rhynchite est faite à quelques millimètres au-dessous d'une insertion foliaire. La partie lésée est reconnaissable à la présence d'un petit orifice situé au fond d'une dépression ombiliquée, entourée d'une auréole jaunâtre, qui tranche nettement sur la couleur vert pâle du reste du bourgeon. Les œufs sont généralement au nombre de deux à chaque pousse. Ils sont situés dans deux loges, placées l'une au-dessus de l'autre et séparées par une mince cloison transversale.

Les bourgeons de pêcher qui sont attaqués conservent pendant longtemps une teinte vert pâle; les feuilles se dessèchent et s'enroulent. Comme chez le poirier, la jeune larve se recourbe en arc, à extrémité céphalique tournée vers le sommet du bourgeon. Elle occupe une loge cylindrique comprenant tout le cylindre central, une partie de la zone corticale interne et limitée par la région la plus externe de l'écorce.

Dans certains cas (pêcher, poirier), le bourgeon est sectionné en deux points différents : une première section est à 4^{cm} ou 5^{cm} du sommet du bourgeon; puis, une deuxième, la principale, à 8^{mm} de la première. A 4^{mm} ou 5^{mm} au-dessus de cette dernière, un peu en arrière d'une feuille et d'un bourgeon axillaire se trouve déposé un œuf. Cette position est des plus favorables, car la jeune larve trouvera en ce point une nourriture abondante. Cette disposition est très fréquente dans le pêcher.

La femelle du Rhynchite pond rarement un œuf unique dans le bourgeon sectionné. Elle en dépose souvent deux, trois, placés à 6^{mm} ou 7^{mm} les uns au-dessus des autres, à partir de la section. L'œuf pondu le dernier est

celui qui est le plus rapproché du sommet du bourgeon. Les larves se creusent une large galerie centrale provenant de la disparition de la région médullaire et de la zone corticale interne; seule l'externe persiste et réduit le bourgeon à une sorte de cylindre creux qui, au moindre choc, se brise et met en liberté la jeune larve. La partie inférieure du canal contient un amoncellement de matières excrémentitielles pulvérulentes.

L'*œuf* du coupe-bourgeon est de couleur jaunâtre; sa coque est mince, souple et transparente. La loge qui le contient est large, spacieuse, dilatée en arrière et amincie en avant. Bien souvent elle est située au-dessous de l'écorce et empiète à peine sur la région médullaire. La durée de l'évolution de l'œuf varie avec la température. Quand le bourgeon est bien exposé au soleil et bien abrité des courants d'air, l'œuf éclôt au bout du huitième jour. Au contraire, quand le rameau est placé à l'ombre et soumis à l'action du vent, son évolution est plus longue, et ce n'est qu'au bout de 10 à 15 jours que naît la jeune larve. Entre ces deux limites extrêmes, j'ai pu observer de nombreux cas intermédiaires.

La larve est recourbée en arc et a son extrémité céphalique tournée vers le sommet du bourgeon. Il arrive souvent que le bourgeon sectionné ne se détache du rameau que longtemps après la naissance de la larve. Dans ce cas, la galerie creusée peut atteindre 5^{mm} à 8^{mm} de longueur.

La *larve* de *Rhynchites conicus* est apode, de couleur blanchâtre et présente les dimensions suivantes : longueur 3^{mm} et largeur de 1^{mm} à $1^{mm}\frac{1}{3}$. Elle est pourvue de 13 segments distincts et porte un sillon latéral et des sillons transversaux superficiels correspondant à la séparation des divers métamères. Soies peu nombreuses, dispersées çà et là, sans ordre, à la surface du corps. L'anus est situé, à l'extrémité postérieure du corps, au fond d'une petite dépression limitée par un bourrelet de petits tubercules.

L'*appareil buccal* larvaire est surtout caractérisé par le grand développement des mandibules qui ont la forme de deux lamelles triangulaires épaisses, chitineuses, légèrement incurvées et portant, du côté interne, de nombreux denticules chitineux et tranchants. Chaque mandibule est constituée par un gros tubercule conique, brunâtre, terminé par une pointe courte et acérée. La face interne présente une légère concavité limitée par deux rangées de denticules.

Les *antennes* sont représentées par deux petits tubercules placés latéralement un peu en arrière des mandibules, comprenant deux articles dont le basilaire est large, conique et le terminal porte de nombreuses soies. L'une de ces dernières, placée sur le côté externe, constitue un organe tactile. Les

organes visuels sont constitués par deux taches pigmentaires localisées de chaque côté de la tête, en arrière des mandibules.

L'APPAREIL DIGESTIF de la larve de *Rhynchites conicus* diffère, par sa forme et ses dimensions, de celui de la plupart des autres Coléoptères. Il a cependant un rapport très étroit avec celui des autres Curculionides, celui de l'Anthonome entre autres. Complètement étalé, il dépasse deux fois et demie la longueur du corps de la larve et sa partie terminale est caractérisée par sa forme sinueuse. L'*œsophage* est un tube court, étroit, cylindrique et terminé, en arrière, par une valvule œsophagienne.

L'*intestin moyen* comprend deux parties : une région antérieure large, fusiforme, à surface externe lisse et une partie terminale étroite (un tiers du diamètre de la première), cylindrique, sinueuse et à parois irrégulières. L'*intestin terminal* reçoit à son origine les quatre tubes de Malpighi et décrit ensuite plusieurs sinuosités. Il se dilate pour former une ampoule rectale ovoïde et débouche à l'extérieur par l'orifice anal entouré d'un bourrelet annulaire fonctionnant comme sphincter.

Signalons, pour terminer, la présence de deux courtes *glandes mandibulaires* filiformes qui s'ouvrent à la base des mandibules et aident puissamment ces dernières pour le creusement de la galerie larvaire.

MÉDECINE. — *Méningite cérébro-spinale et Météorologie.* Note de M. **Arthur Compton**, présentée par M. Roux.

Dans une précédente Communication [1] j'ai montré l'influence de l'humidité et de la température atmosphériques sur l'apparition de la méningite cérébro-spinale. Depuis lors, toujours dans le Dorset (Angleterre) entre le 1er juillet 1915 et le 30 juin 1916, j'ai eu à examiner 62 cas nouveaux dont la discussion m'a permis de confirmer et à certains égards de compléter les conclusions précédemment formulées.

Ayant fait relever chaque jour en différents points de la région :

1° L'état hygrométrique,
2° La température atmosphérique,
3° L'activité solaire,
4° La quantité de pluie tombée,
5° La pression barométrique,

---

[1] *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 472.

j'ai tracé les courbes qui représentent ces différentes grandeurs en fonction du temps et noté sur ces diagrammes les dates *d'apparition* des cas de méningite cérébro-spinale, chaque cas étant noté sur le diagramme afférent à la localité où il était apparu.

La comparaison de ces différents graphiques nous montre indubitablement l'influence de ces différents facteurs. Voici la répartition des cas en relation avec les maxima et minima des diverses courbes :

Diagramme.	Signification de ses maxima et minima.	Nombre de cas y associés pour 100.
État hygrométrique.	maxima : humidité atmosphérique au voisinage de la saturation	97
	minima : air relativement sec	3
Rapport des températures nocturnes et diurnes	maxima : température atmosphérique relativement constante	85
	minima : température atmosphérique très variable.	15
Activité solaire	maxima : 5 heures et plus de soleil enregistré	18
	minima : pas de soleil enregistré	82
Pluie	maxima : pluie le jour même ou dans les 24 heures qui précèdent	76
	minima : pas de pluie le jour même ou dans les 24 heures qui précèdent	24
Pression barométrique	maxima : hausse barométrique	31
	minima : dépression barométrique	69

Le début de la maladie (terme par lequel je désigne l'invasion des méninges par le méningocoque provenant du rhinopharynx des porteurs de germes) coïncide donc toujours avec une humidité atmosphérique qui confine à la saturation, avec une période de grande égalité dans la température et un minimum de soleil.

Il est à noter que les trois circonstances ne sont pas dénuées de liens entre elles. Sans insister ici, je signale, par exemple, que les variations de température dans une atmosphère humide peuvent amener des précipitations atmosphériques qui modifient l'état hygrométrique; de même un temps brumeux coïncide nécessairement avec une forte humidité et l'absence de soleil.

Ces facteurs, humidité, température et soleil, sont soumis à de grandes variations locales sous la dépendance des conditions géographiques (voisinage de la mer, vallées, collines, ventilation, etc.), tandis que la pression barométrique présente des variations locales faibles pour une région assez

étendue, de sorte qu'en définitive c'est l'état hygrométrique qui se montre le facteur important dans l'éclosion de la maladie.

La discussion complète de 62 cas ([1]) nous amène à tirer quelques conclusions pratiques relativement à l'installation des nouveaux camps ou à l'aménagement des anciens locaux occupés par les troupes.

Cette installation doit être faite autant que possible dans des lieux secs où l'état hygrométrique est peu élevé en général. Deux villes relativement voisines peuvent présenter des conditions hygrométriques très différentes. A défaut de cela, assurer une ventilation intense à l'intérieur des locaux pour remédier au surpeuplement, éviter d'y faire sécher les capotes ou les vêtements mouillés, assurer le drainage à l'aide d'un système d'égouts et la ventilation sous les baraquements.

Enfin il est même possible qu'il faille à cet égard envisager, dans certaines régions, l'abattement des forêts au voisinage des camps, celles-ci entretenant parfois une humidité excessive.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

([1]) Un Mémoire détaillé avec toutes les courbes paraîtra ailleurs.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1917 (*suite*).

Note sur les conditions à remplir au point de vue des coups de béliers par les régulateurs des moteurs hydrauliques, par le comte de Sparre. Extrait du numéro du 31 mars 1917 de la *Revue générale de l'Électricité*, t. I, p. 483-489. Paris, 12, place de Laborde, 1917; 1 fasc. in-4°.

Ministère des travaux publics. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. *Contribution à l'étude des faunes paléocrétacées du sud-est de la France*, par W. Kilian : I. *La faune de l'aptien inférieur des environs de Montélimar* (*Drôme*) (*Carrière de l'homme d'armes*); II. *Sur quelques ammonites de l'hauterivien de la Bégude* (*Basses-Alpes*), par W. Kilian avec la collaboration de P. Reboul. Paris, Imprimerie nationale, 1915; 1 vol. in-4°.

En temps de guerre. Ce que toute femme doit savoir. Conférences faites à la Croix-Rouge, par Charles Richet : *les antiseptiques — les anesthésiques — les aliments — l'hémorragie — la fièvre — l'asphyxie*. Paris, Félix Alcan, 1917; 1 vol. in-16. (Présenté par l'auteur.)

Université d'Aix-Marseille. *Travaux de l'Observatoire de Marseille*, fasc. IV. Toulouse, Édouard Privat, 1916; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Rapport sur la reconnaissance hydrographique de l'embouchure de la Gironde, exécutée en 1912 par E. Fichot. Extrait des *Recherches hydrographiques sur le régime des côtes*, 19e cahier. Paris, Imprimerie nationale, 1915; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Lallemand.)

Rapport sur la mission hydrographique de Madagascar en 1887-1888, par L. Favé. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1898. Paris, Imprimerie nationale, 1890; 1 fasc. in-8°.

Abaque pour la détermination du point à la mer, par L. Favé et Rollet de l'Isle. Paris, L. Baudoin, 1893; 1 fasc. in-8°.

Note au sujet de l'emploi des aérostats dans la recherche des dangers sous-marins, par L. Favé et M. Rollet de l'Isle. Paris, Chapelot, 1902; 1 fasc. in-8°.

(*A suivre.*)